UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

219

O. VERONA e L. FANTACCI

Considerazioni e proposte circa la utilizzazione agricola delle acque cloacali della Città di Siena

Estratto da *L'Agricoltura Italiana*, Anno XLVII (II° N. S.)
Maggio-Giugno e Luglio 1947

ARTI GRAFICHE TORNAR - PISA

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
24 AUG 1948

UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

O. VERONA e L. FANTACCI

Considerazioni e proposte circa la utilizzazione agricola delle acque cloacali della Città di Siena

Estratto da *L'Agricoltura Italiana*, Anno XLVII (IIº N. S.)
Maggio-Giugno e Luglio 1947

ARTI GRAFICHE TORNAR - PISA

Considerazioni e proposte circa la utilizzazione agricola delle acque cloacali della Città di Siena

RIASSUNTO: Gli AA., in relazione ad una generale politica diretta ad utilizzare, dal punto di vista agricolo, le acque luride cittadine, dopo avere passato in rassegna critica i vari progetti proposti per la depurazione dei cloacali della Città di Siena formulano piani concreti perchè, anche questa Città, possa avere i propri campi di spandimento.

SOMMARIO:

— *Premessa*
— *Stato attuale relativo allo smaltimento dei liquami nella Città di Siena*
— *Precedenti progetti*
— *Siena deve avere i propri campi di spandimento*
— *Criteri informatori per un nuovo progetto*
— *Popolazione servita dagli impianti e valutazione dei materiali contenuti nel liquame*
— *Trattamenti preventivi al liquame*
  A - *Impianti di Fontebenedetta*
  B - *Impianti di Finimondo*
— *Scelta delle zone da irrigare - Diluizione dei liquami - Estensione delle zone irrigue*
  A - *Per le acque provenienti dall' impianto di Fontebenedetta*
  B - *Per le acque provenienti dall' impianto di Finimondo*
— *Qualche rilievo sulla costituzione fisico-chimica dei terreni e scelta del sistema di irrigazione*
— *Considerazioni agronomiche ed economiche*

È noto come lo smaltimento e, di conserva, la depurazione delle acque cloacali — costituite dalle acque di rifiuto, miste alle materie escrementizie solide e liquide, unite o meno alle acque di spurgo delle varie industrie — rappresenti un grande problema igienico, tecnico ed anche economico.

Quest'ultimo aspetto è quello che, dal nostro particolare punto di vista, più interessa giacchè, pur riconoscendosi essere oggi fuori luogo di fare considerazioni di ordine autarchico, è da affermare essere nel diritto di un Paese economicamente povero fare ricorso a tutti quegli espedienti che possano, in qualche modo, mettere in valore ciò che altrimenti verrebbe disperso.

D'altronde, già da tempo PEROTTI, in considerazione di quanto veniva effettuato all'Estero, richiamava l'attenzione dei tecnici e dei pratici sull'opportunità di seguire una generale politica diretta al razionale sfruttamento delle acque di rifiuto giacchè, con la utilizzazione delle medesime, venivano a recuperarsi notevoli quantità di materiali fertilizzanti. Il medesimo, nell'elaborare un progetto per la città di Roma, calcolava — nel 1910 quando Roma contava soltanto 500.000 abitanti — che venivano fatti disperdere nel Tevere materiali valutabili annualmente a 5.000.000 di lire! Occorsero venti e più anni perchè il problema, sotto questo punto di vista, fosse rimesso in discussione e prospettato come attuale e si addivenisse intanto alla istituzione di un Centro sperimentale di studi, sorto poi in Foggia, sotto la direzione, come è noto, dell'ing. IPPOLITO; e si dovessero raggiungere questi ultimi tempi per vedere realizzato qualche modesto impianto. Ma anche in questi recenti impianti, preoccupati più dell'aspetto igienico che economico, le acque reflue dai vari trattamenti non sempre ci consta che vengano utilizzate e scopo preminentemente agricolo.

Nel quale ultimo caso la utilizzazione si prospetta conveniente per il fatto che gli agricoltori di estese zone suburbane vengono, con poca spesa, a disporre non solo di notevoli quantità di acque irrigue, ma anche di materie fertilizzanti che, per essere di natura organica, si presentano preziosissime qualora specialmente si valutino al lume delle più recenti teorie.

Cosa osti alla diffusione del sistema difficile è dire, specie là dove si

---

(1) - Ci è doveroso dichiarare che il presente studio ci fu suggerito dal Prof. ALBERTO OLIVA della Facoltà Agraria e Forestale dell'Università di Firenze. Il medesimo ha seguito con particolare interesse lo svolgimento del lavoro avendo larga conoscenza dell'ambiente agricolo senese.

disponga di una ottima rete di fognatura e vicinanza di terreni irrigabili; ed ancor più difficile a spiegare è in quei casi dove impianti di epurazione artificiale sono in pieno funzionamento.

Forse vien fatto di pensare che non vengano valutati nel loro effettivo valore potenziale i materiali che si lasciano disperdere; forse contrastano motivi di ordine igienico; o, forse e sopratutto, fa difetto il necessario spirito di iniziativa e di organizzazione che, essendo devoluto a pubbliche Amministrazioni, trova maggiori difficoltà di pratica realizzazione.

Qual si sia l'importanza da attribuire alle prospettate cause contrastanti preme qui di ricordare come, almeno quella di ordine igienico, non abbia più, oggi, motivo di essere avanzata giacchè affermazioni numerose ed autorevoli si hanno circa la innocuità dei trattamenti sotto questo punto di vista. PEROTTI al riguardo ha raccolto una larga serie di documentazioni. Del resto, anche recentemente, CARL in base ad osservazioni numerose effettuate in Germania conclude non essersi dato il caso che l'utilizzazione delle acque di rifiuto abbia dato alla popolazione svantaggi di ordine igienico.

Il sistema di epurazione mediante campi irrigui non è dunque, ove sia ben condotto, igienicamente condannabile; d'altra parte non si può non tenere presente la circostanza che i microbi patogeni non trovano nelle acque luride condizioni di vita favorevoli ad una loro attiva moltiplicazione e per resistere alla concorrenza vitale dei più numerosi germi saprofitari.

L'irrigazione mediante acque luride può essere solo discussa, dal punto di vista igienico, nelle zone anofeligene in rapporto alla malaria ed al paludismo. Infatti indagini di PUNTONI hanno dimostrato, in questo caso, un aumento di sviluppo delle anofele; ma l'obiezione riveste carattere generale ed interessa ogni sorta di irrigazione.

Stato attuale relativo allo smaltimento dei liquami della Città di Siena.

Fornita di un ottimo acquedotto con una dotazione media di 150 l/testa/giorno e, fin dal 1917, di una buona fognatura a *sistema separato,* Siena manca di un qualsiasi serio impianto di smaltimento dei liquami.

Infatti, le acque luride, vengono al presente convogliate in tre collettori principali corrispondenti a tre distinte zone di deflusso: zona di Fontebranda, di Follonica e di Val di Montone. Tali collettori convergono, separatamente, in fosse di sedimentazione, peraltro inefficienti o incompletamente funzionanti, quindi in torrenti prossimi alla città.

Il primo collettore, quello di Fontebranda, raccoglie le acque della rete

di Fontebranda, Porta Laterina, Porta S. Marco per uno sviluppo complessivo di ml. 5000:

Rete di Fontebranda	ml.	3370	di condottura
» P. Laterina	»	670	»
» P. S. Marco	»	960	»
totale	ml.	5000	

e le riversa nel torrente Tressa a ponente della strada provinciale per Grosseto, a settentrione della località detta Cura di Tressa a circa m. 800 da P. S. Marco.

Il secondo collettore o c. di Follonica, raccoglie le acque delle seguenti reti per uno sviluppo complessivo di ml. 7315.

Rete di Fontegiusta	ml.	2330	di condottura
» Ovile	»	2275	»
» del Fosso	»	970	»
» Follonica	»	850	»
» Porta Pispini	»	890	»
totale	ml.	7315	

e le riversa nel torrente Riluogo. Prima di giungere al torrente le acque vengono fatte passare attraverso una rudimentale vasca di sedimentazione scoperta sita in località Finimondo a circa 750 m. da Porta Pispini.

Finalmente, il terzo collettore, convoglia le acque delle seguenti reti:

Rete di Porta Giustizia	ml.	5795	di condottura
» Porta Romana	»	570	»
» Porta Tufi	»	370	»
totale	ml.	6735	

Raccoglie quindi le acque di m. 6735 di canalizzazione; termina in Val di Montone a ponente della strada di Buonconvento a m. 900 da Porta Romana e le riversa nel torrente Tressa.

Complessivamente la canalizzazione nera urbana sviluppa adunque metri 19.000 circa. Essa è costituita da tubi di grès verniciato aventi un diametro di 200 mm. nei collettori secondari; i collettori principali, anche essi in grès, sono a sezione ovoidale della larghezza di 300 mm. e della altezza di 400 mm. Nel tracciato sono stati quasi completamente eliminati i percorsi in curva; prevalgono quindi tratti rettilinei, in genere a livelletta unica, in qualche caso con dei piccoli salti che contribuiscono a determinare lo spappolamento delle sostanze solide sospese nei liquami. Ai risvolti corrisponde sempre una cameretta di raccordo senza pozzetto di deposito, ma con fondo in continuazione dei due estremi rettilinei: il fondo è foggiato a cunicolo semicircolare e messo

in proseguimento delle tubazioni che per esso tangenzialmente si raccordano.

All'incrocio di due tubazioni, come al punto di convergenza di due o più condotti che finiscono in uno solo, i raccordi vengono tracciati secondo linee curve tangenziali agli assi dei confluenti e del collettore, le quali curve sono

FIG. 1 - Indicazione dei collettori e degli scarichi di fogna bianca.

gli assi di altrettanti cunicoli a sezione del fondo semicircolare con spallette verticali, cunicoli che nei loro prolungamenti si fondono e lasciano uno o più rostri che guidano le correnti degli affluenti nella corrente del collettore. Oltre che nei punti di riunione, camerette analoghe a quelle precedentemente descritte sono predisposte ed intercalate nei tratti rettilinei quando la distanza fra un pozzetto e l'altro supera i 50 metri. Detti pozzetti di ispezione sono per lo più a sezione circolare, del diametro interno di un metro e col muro perime-

trale costruito con teste di mattone e malta di cemento. Però in quei casi in cui, per la ristrettezza della strada e per recare il meno che sia possibile impedimento alla viabilità, sia opportuno avere la tromba di accesso sopra un lato della strada stessa, le camerette assumono la forma di piccole gallerie con volta a botte della luce di 80 cm. L'accesso alle camerette di ispezione e di raccordo avviene da apposite bocchette circolari chiuse da un coperchio in ghisa poggiante sopra un telaio pure in ghisa. La ventilazione della fognatura stradale è fatta mediante prolungamento a sezione costante delle canne di caduta della fognatura domestica fino oltre il tetto delle case. Finalmente il lavaggio della rete è assicurato mediante un congruo numero di camerette di cacciata della capacità che varia da un minimo di 700 a un massimo di 1000 litri, a svuotamento automatico mediante sifone.

Le acque bianche vengono convogliate separatamente utilizzandosi i canali della vecchia rete a sistema misto e sfociano in punti diversi appena fuori le antiche mura cittadine.

Precedenti progetti

Da tempo è stata rilevata l'opportunità di sottoporre i liquami della città di Siena ad un qualche trattamento prima di immetterli nei fossi viciniori. Non per nulla furono ideate e in parte costruite vasche di sedimentazione — impropriamente chiamate, da taluno, fosse settiche — al termine dei tre collettori. Ma, a parte l'insufficienza del trattamento che le acque subiscono in queste così dette fosse settiche, sta il fatto che i corsi d'acqua nei quali i liquami vengono immessi non hanno, anche nell'ammissione che le acque luride siano sufficientemente chiarificate, una portata tale da assicurarne un pronto smaltimento. Affermata dunque la necessità di adeguati trattamenti, e questo con unanime consenso di tutti coloro che si sono occupati della questione, due soluzioni si prospettano: quella cioè di procedere ad una epurazione naturale mediante campi irrigui di spandimento o altrimenti procedere a impianti di epurazione biologia artificiale.

Il primo sistema trovasi già accennato, almeno in parte, quale resultato di una Commissione di cui fu relatore l'ing. POGGI e fu già avanzato, d'altronde, dall'ing. CONTI. Secondo la ricordata Commissione (sempre relatore il POGGI) si prospetta l'idea di elevare le acque cloacali del quartiere di Fontebranda, P. Laterina e P. S. Marco per scaricarle nella rete di P. Giustizia e utilizzarle nell'irrigazione di Val di Montone risparmiando tra l'altro 1200 m. di emissario e condotta allacciante e sopprimendo l'impianto di depurazione

al Tressa. Allo scopo occorrerebbero due impianti di sollevamento, uno a P. Laterina per una portata giornaliera di mc. 230 circa, ed uno a P. Fontebranda per mc. 470; in complesso 700 mc. giornalieri.

Tale idea, che costituiva una variante al progetto definitivo allora in corso di realizzazione, fu avanzata allo scopo di mettere in vista l'opportunità di uno studio di confronto fra la spesa di questi due semplici impianti di sollevamento e quello per le condotte di oltre 900 m. da P. Fontebranda e di m. 300 per l'allacciamento delle reti di P. Laterina e S. Marco per l'impianto di depurazione presso la Cura di Tressa, soluzione quest'ultima che è stata poi adottata.

Tuttavia richiamandosi alla proposta di sollevamento la Commissione notava essere possibile condurre le acque di P. Laterina (e quindi anche quelle di P. S. Marco) esternamente alle mura fino a riunirle a quelle di P. Fontebranda; nel quale caso si prospettava conveniente un solo impianto di sollevamento a Fontebranda, anzichè due. Con ciò gli impianti di raccolta si sarebbero limitati a quello presso la Vigna con scarico finale nel fosso di Riluogo per trattamento del liquido di ben 12.300 m. di condotta e a quello di Val di Montone.

Con tali impianti elevatori non si sarebbe arrivati ad avere un unico impianto come fu progettato dal CONTI, ma si sarebbe avuto il vantaggio che una parte delle acque sarebbe convenientemente impiegata nell'irrigazione agricola e l'altra immessa nel Riluogo, fosso che ha sempre un pò d'acqua, dopo che fossero state opportunamente trattate in vasca di sedimentazione munita di fossa di digestione delle melme.

Per quanto si riferisce alle acque dirette a Val di Montone per essere distribuite su quei terreni a scopo di irrigazione e di concimazione esse comprenderebbero le zone di P. Giustizia, Romana e Tufi. Quest'ultima si allaccia al collettore di P. Giustizia mediante un condotto di collegamento entro le mura sul versante est della Val di Montone, condotto della lunghezza di 600 metri. La Commissione, premesso che si potrebbe sostituire questa condotta allacciante con il proseguimento del condotto di via Mattioli lungo la via del Mandorlo, prospetta l'idea della costituzione sul versante orientale della Val di Montone di un campo irriguo sperimentale irrigato con le acque di P. Tufi, poco al disotto del Camposanto della Misericordia, eventualmente da gestirsi da parte del Comune. Lasciati gli scarichi delle reti di P. Giustizia e P. Romana nel versante occidentale, le acque di queste reti, attraversata una vasca di sedimentazione, servirebbero invece alla irrigazione di più estesa zona.

Nell'esposto della ricordata Commissione fu previsto dunque una utilizzazione agricola dei fecali, ma limitata alle acque confluenti nei collettori di Fontebranda e di Follonica. L'idea, enunciata nel 1917, non ebbe pratica attuazione.

A questo progetto fece seguito quello geniale e ardito dell'ing. BELLINCIONI, progetto costituente parte integrativa di uno studio effettuato dallo stesso BELLINCIONI in collaborazione con CASUCCINI, relativo alla costruzione di un lago artificiale ottenuto per sbarramento del torrente Sorra e destinato a fornire acqua irrigua ai terreni delle valli Sorra, Arbia e Ombrone.

Nel progetto esecutivo il lago Sorra figura distante in linea d'aria Km. 5 dalla Città e appare sottendere un bacino imbrifero di Kmq. 21.060 con un afflusso annuo calcolato a mc. 5.600.000. Nel progetto si prevede la costruzione di un unico collettore scolante verso P. S. Marco a quota circa 325. Di qui, le acque nere, mediante una condotta forzata necessaria a superare la depressione valliva del Tressa, risalirebbero poi alla località Piazza a quota 262 circa. Quivi cesserebbe la condotta forzata ed avrebbe inizio un canale in muratura il quale raggiungerebbe l'alveo del torrente Sorra a quota 239 circa. Pertanto le acque nere verrebbero immesse nel Sorra le cui acque, riferendosi al progetto generale, sarebbero destinate alla irrigazione della valle omonima e delle valli d'Arbia e d'Ombrone. Il progetto, concepito con larghezza di vedute, rappresenta come si è detto una concezione geniale e ardita. Esso non fu tuttavia realizzato.

Successivamente, nel 1936, l'Ufficio Comunale d'Igiene interessava l'Istituto d'Igiene e Batteriologia della Università di Siena perchè il medesimo formulasse indicazioni di massima per un impianto di depurazione biologica delle acque luride. Nella relazione, curata dal Prof. BUONOMINI, accennato brevemente ai vari sistemi di epurazione, riconosciuta la necessità di applicare un qualche trattamento ai liquami di Siena, si prospettano come possibili due soluzioni. Cioè:

1) smaltimento di una *certa parte* del liquame a mezzo di campi di spandimento qualora esistano terreni adatti all'irrigazione;
2) epurazione artificiale mediante sedimentazione del liquame in vasche IMHOFF e completamento della digestione dei fanghi già avviata in queste vasche separate; quindi ossidazione mediante letti percolatori, forniti di *sprinklers* fissi con getto a spruzzo o eventualmente a tipo rotativo; infine sedimentazione dei fanghi ossidati in vasche a flusso verticale.

BUONOMINI, prospettata l'opportunità, se tecnicamente possibile, di riunire in un collettore unico tutti i liquami, sembra scartare la prima soluzione e illustrando particolarmente la seconda, lascia capire essere piuttosto favorevole a quest'ultima.

Siena deve avere i propri campi di spandimento.

Il progetto di massima elaborato dal Prof. BUONOMINI, apprezzabile, in primo luogo, per quanto in esso di generale si riferisce, prevedendo un impianto di depurazione artificiale con letti percolatori, risponde egregiamente dal punto di vista igienico; ma sembra a noi non conveniente in relazione alla affermata necessità, — e ciò in armonia alla enunciata politica di utilizzazione agricola dei cloacali, — di non distruggere o lasciar disperdere i materiali fertilizzanti che le acque nere contengono in gran copia.

Si pensi, al riguardo, che, essendo la popolazione della città di Siena (almeno quella servita dalla rete di fognatura) di 37.000 abitanti, nella ammissione (in analogia ad altre città) che le acque luride abbiano la seguente composizione centesimale:

	azoto	K_2O	P_2O_5	Ca O
feci	1,30	0,40	1,16	0,62
orine	0,80	0,19	0,16	0,62

e che una persona, annualmente, ceda attraverso i rifiuti

azoto	Kg.	5, -
potassa	»	1,2
an. fosforica	»	1,2

si avrebbe, per Siena:

azoto	Ql.	1850
potassa	»	444
fosforo	»	444

Le quali cifre, tradotte in moneta e salvo maggiore precisazione in seguito, darebbero prendendo per base i prezzi anteguerra:

azoto	Ql.	1850	×	632	=	L.	1.169.200
potassa	»	444	×	240	=	»	106.560
fosforo	»	444	×	200	=	»	88.800
				totale		L.	1.364.560

Al recupero di tanto valore si deve aggiungere il vantaggio di poter mettere in efficienza zone cospicue di terreno altrimenti scarsamente produttivo e in conseguenza la possibilità, con pari indiscusso vantaggio della economia annonaria della Città, di fornire alla stessa quei prodotti agricoli, come gli ortaggi, di cui è notoriamente carente.

Il vantaggio che si consegue assume quindi duplice aspetto. Ma inoltre il sistema dei campi di spandimento consente economie rilevanti nelle spese d'impianto e di esercizio rispetto al sistema, qualunque esso sia, di depurazione artificiale (1).

Più vicino alle nostre idee è invece quanto è stato espresso dalla Commissione di cui fu relatore l'ing. FELICE POGGI. Quivi tuttavia si prevede solo una *parziale* e *limitata* utilizzazione agricola dei liquami e non quella utilizzazione **integrale** che noi auspichiamo.

Finalmente ancora più vicino al nostro modo di vedere è il progetto BELLINCIONI.

Criteri informatori per un nuovo progetto

In conformità a quanto è stato riferito il progetto che si avanza prevede, per i motivi esposti, la utilizzazione integrale dei liquami a scopo irriguo.

Con ciò, oltre a risolversi il problema igienico, dato che ormai tutti sono concordi nell'ammettere essere insufficiente il sistema attualmente applicato, si vengono a conseguire, come già è stato accennato, i seguenti vantaggi:

1) recupero di quantità notevoli di materie fertilizzanti;

2) messa in valore di terreni poveri particolarmente carenti di sostanza organica;

3) possibilità di attuare colture industriali di gran reddito, ortive o foraggere, con indiscusso beneficio dell'Annona cittadina;

4) eliminazione di costosi impianti richiedenti, tra l'altro, onerose e continue spese di manutenzione.

Affermato questo principio rimane da studiare come, in linea di grande massima, può aver luogo praticamente la utilizzazione del liquame.

Da un punto di vista generale le condizioni ottime sarebbero rappresentate, trattandosi di un piccolo centro, dall'avere le acque nere confluenti in un

(1) - Nella pubblicazione di MAZZETTI e MASCAGNI relativa al Consorzio per la fognatura e gli impianti di depurazione dei centri abitati della Val d'Orcia e Val di Chiana si rfporta il pensiero del Prof. GARAVINI che dissente da una utilizzazione agricola dei liquami.

Il Prof. GARAVINI obbietta che l'irrigazione con materiali cloacali nei Centri del Consorzio non si presenta facile e pertanto è da rifuggirsi per i seguenti motivi:

1) perchè implica lavori di sistemazione al terreno;

2) perchè il terreno, impiegandosi acque ancora ricche di materiali organici, andrebbe soggetto ad intasamento;

3) perchè tali materiali organici in particolar modo rappresentati da cellulosa e da grassi hanno effetto nocivo al terreno (!);

4) perchè l'acqua irrigua viene utilizzata solo periodicamente e non tutto l'anno;

5) perchè, mancando la regione di una tradizione e pratica irrigatoria, il sistema incontrerebbe ostacoli di attuazione.

A parte il fatto che ciò contrasta con la sua conclusione finale nella quale si afferma l'opportunità di adottate " un sistema di depurazione biologica per cedere poi all'agricoltore, quando ne faccia richiesta, le acque purificate ... "; noi non ci sentiamo di poter condividere le obbiezioni avanzate dall'Illustre agronomo senese.

unico collettore e di disporre, nei pressi della Città di terreno pianeggiante e, per quanto ha riferimento alla sua costituzione, sufficientemente poroso.

Queste condizioni, malauguratamente, non si riscontrano nemmeno in parte nella Città di Siena; onde la necessità di un più approfondito e attento studio.

Intanto, per quanto si riferisce alla raccolta dei liquami, al momento la Città presenta tre collettori distinti in relazione a quello che è il deflusso naturale di altrettante tre distinte zone di cui si compone la Città.

È possibile di convogliare i tre collettori in un unico grande collettore? La particolare configurazione del terreno lascia scartare a priori questa idea in quanto la sua realizzazione implicherebbe spese ed impianti notevoli in qualsiasi località voglia scegliersi il punto di confluenza. E siccome la migliore località, anche agli effetti dell'irrigazione, sembra essere la Val di Montone, comunque la parte sud-occidentale, alla unificazione dei tre collettori osta, sopratutto, il trasporto del collettore di Follonica che trovasi relativamente distante e separato, altresì, da un estesa zona del suburbio.

Rimane invece possibile l'allacciamento dei collettori di Fontebranda e di Val di Montone. Tate allacciamento potrebbe realizzarsi proseguendo il collettore di Val di Montone, che è a quota 258, fino alla località detta Fontebenedetta, a quota 228, cioè ove là termina il collettore di Fontebranda. Questo prolungamento sviluppa, in linea d'aria, 1 Km. circa.

In definitiva avremmo così due punti di confluenza delle acque. Uno, in località Finimondo, che raccoglie le acque della rete di Follonica; uno, presso Fontebenedetta, che raccoglie le acque delle reti di Fontebranda e Val di Montone.

I criteri che dovranno guidarci nella scelta del sistema di irrigazione e dei terreni da irrigare saranno discussi più oltre.

Ora, cade opportuno preventivamente di riferire, invece, quali debbono essere gli eventuali trattamenti cui sottoporre le acque prima di passarle alla irrigazione. Evidentemente il sistema di fognatura separata fornisce un'acqua relativamente costante per quantità e composizione non essendo tributaria la portata dei collettori alle variazioni pluviometriche; un'acqua, però, relativamente densa e ricca di materiali grossolani sospesi. Essendo la natura dei terreni da irrigare, come dopo vedremo, tendenzialmente argillosa e quindi lentamente filtrante, si impone subito un trattamento atto a trattenere le materie facilmente sedimentabili e che altrimenti intaserebbero dopo breve tempo i pori del terreno e, prima ancora, danneggerebbero gli eventuali sistemi di sollevamento e di distribuzione. Grigliaggio, quindi, e sedimentazione in apposite vasche. Si ritiene superfluo procedere a dissabbiamento data la separazione delle acque bianche. Piuttosto, allo sfocio di almeno uno dei due collettori, può prospettarsi l'opportunità di inserire un separatore dei grassi anche se le quantità

recuperabili di tali sostanze non si prevedano considerevoli; si ritiene tuttavia di non abbandonarle dato che il loro recupero può avvenire con semplici e non costosi dispositivi.

Rimane a studiare quale debba essere il trattamento da far subire alle melme che si depositano nelle vasche di sedimentazione. I trattamenti che la tecnica suggerisce al riguardo sono vari. Intanto non può essere esclusa una utilizzazione diretta interrandole allo stato fresco in zone vicine a quelle di spandimento; il terreno, piuttosto argilloso, non potrebbe che avvantaggiarsene considerevolmente. Ma qualora non si voglia procedere alla distribuzione del materiale fresco si potrebbero costruire letti di essiccamento dei fanghi o altrimenti ricorrere alla centrifugazione e compressione ottenendosi ottimi panelli concimanti. Nel nostro caso noi non siamo d'avviso che sia preferibile sottoporre le melme a processi di digestione separata e ciò per due motivi: primo, ciò implicherebbe ulteriori impianti di mole e spesa notevole; secondo, verrebbe a distruggersi una cospicua parte di sostanza organica, fatto questo che noi vogliamo in ogni modo evitare.

Ottenuto il liquame sufficientemente chiarificato esso può ritenersi pronto per l'impiego agricolo. Senonchè, occorre ora di aggiungere, esso, nonostante il subìto processo di sedimentazione, trovasi ancora eccessivamente ricco di materiali fertilizzanti. Utilizzato, pertanto, direttamente mentre non consentirebbe di irrigare una più estesa area di terreno, porterebbe ad un accumulo di sostanza organica nel suolo che non solo rimarrebbe non utilizzata, ma finirebbe con lo esplicare effetto dannoso.

Uno dei criteri, quindi, che abbiamo seguito nell'elaborare il nostro progetto, è stato quello di assegnare un giusto coefficiente irrigatorio, coefficiente che viene espresso, seguendo l'annotazione di PEROTTI, con $i = \frac{\text{area depurabile}}{\text{materia depurabile}}$. Tale coefficiente, fissato per Edimburgo in 11,4, Parigi 26,3, Berlino 82,1, fu proposto per Milano in 111,1. Evidentemente in tutti questi casi, come osserva PEROTTI, esso è troppo basso: si pensi che per Edimburgo, ad es., esso significa che alla depurazione dei fecali di una persona si destinano mq. 11,4 di terreno con un apporto di azoto pari a Kg. 4100 ed oltre ad ettaro! Seguendo le direttive di PEROTTI siamo quindi d'avviso di dover innalzare i almeno a 200; limitare, cioè, ad un individuo la destinazione di mq. 200 di suolo il che d'altronde corrisponde a circa Kg. 250 di azoto ad Ea. Diremo di passaggio che, adottando tale coefficiente irrigatorio, nella ammissione che la popolazione servita sia pari a 37.000 individui si rende possibile di irrigare una estensione di terreno pari ad Ea 740.

Ora, per ottenere questo, occorre che il liquame chiarificato venga convenientemente diluito, cosa relativamente facile disponendo dell'acqua del T.

Tressa ed eventualmente del fosso di Val di Montone. Al riguardo noi non abbiamo dati precisi circa la portata di questi corsi d'acqua; tuttavia, conforme quanto ci ha riferito, dietro richiesta, l'Ufficio idrografico del Genio Civile di Pisa, applicando la formula del FORTI per zone con pioggie massime giornaliere di 200 mm. si ottiene per il T. Tressa una portata massima di 9 mc. sec. e per il T. Riluogo una portata pure massima di mc. 9,25 al secondo. Sono portate relativamente modeste, ma presumibilmente sufficienti allo scopo dichiarato.

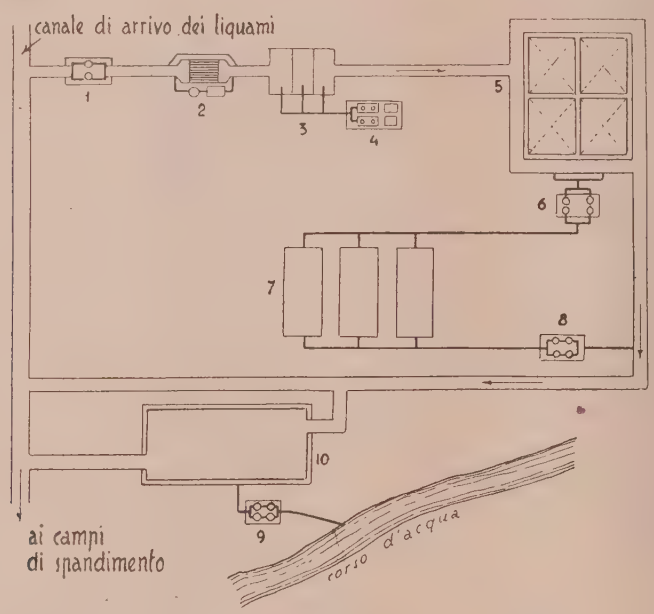


FIG. 2 - *Schema generale di trattamento delle acque luride.*

1 - Eventuale opera di presa e di sollevamento — 2 - Grigliatura — 3 - Separatore di grasso — 4 - Impianto per la produzione di aria compressa — 5 - Vasche di sedimentazione — 6 - Sollevamento dei fanghi — 7 - Letti di essicamento — 8 - Impianti di sollevamento dell'acqna di scolo dei letti di essiccamento — 9 - Sollevamento o presa dell'acqua di diluizione — 10 - Vasca di diluizione.

Riassumendo, i criteri informatori del progetto poggiano dunque sui seguenti principi:

1) evitare impianti di depurazione dispendiosi, comunque onerosi anche per un efficiente manutenzione per l'Amministrazione Comunale;
2) assicurare uno smaltimento dei liquami che non dia luogo ad inconvenienti sia dal punto di vista igienico-sanitario, sia da quello tecnico-agrario;
3) utilizzare i rifiuti cittadini nel modo più economico, più conveniente e più consono ai fini delle locali esigenze agricole;

ed a questo ultimo scopo occorrerà:

a) adottare un coefficiente irrigatorio che consenta una pronta umo-deumificazione nel suolo in rapporto con le sue proprietà chimico-fisiche-biologiche;

b) scegliere un sistema di irrigazione il quale permetta di utilizzare il liquame riducendo al minimo i pericoli di ordine igienico-sanitario;

c) assicurare che la natura del suolo dia buon affidamento per quanto riguarda la permeabilità all'acqua lurida e la mineralizzazione delle sostanze organiche;

d) scegliere opportunamente le colture da praticare nelle zone irrigue in modo da evitare, per quanto è possibile, l'irrigazione superficiale di piante destinate specialmente a servire all'alimentazione umana senza cottura.

Richiamandosi quindi a quanto più oltre verrà esposto e tenuto presente che le stazioni di arrivo del liquame vengono ridotte a due e cioè:

1 - quella del collettore della rete Follonica in località Finimondo.

2 - quella dei collettori, unificati, delle reti Fontebranda e Val di Montone in località Fontebenedetta,

le acque nere verranno trattate secondo lo schema generale rappresentato in fig. 2.

Soggiungiamo fin d'ora che le acque della rete Follonica, di più limitato volume, potranno essere utilizzate per l'irrigazione di terreni da sottoporre a colture ortive; quelle delle reti di Fontebranda e Val di Montone per l'irrigazione di colture prative. Queste sarebbero dirette a dare incremento all'allevamento del bestiame, fatto particolare riferimento al bestiame da latte.

Popolazione servita dagli impianti e valutazione dei materiali contenuti nel liquame

Crediamo che possa calcolarsi a 37.000 il numero degli abitanti che usufruiscono della canalizzazione; e altresì ammettiamo che tale numero non vada soggetto a considerevole aumento [1].

(1) - Effettivamente, come dimostra la statistica annessa, in questi ultimi venti anni (trascurando gli anni di guerra) si è avuto un incremento notevole nel numero degli abitanti. Ma tale incremento — relativo, del resto, all'intero Comune — è dovuto, sopratutto, allo estendersi delle zone suburbane e non incide considerevolmente sul carico in materie luride che si gettano nelle fogne.

Popolazione esistente nel Comune di Siena negli anni compresi tra il 1921 e il 1940:

1921	42988	1928	45954	1935	48024
1922	43006	1929	45702	1936	48788
1923	43733	1930	45734	1937	49241
1924	44311	1931	46986	1938	49208
1925	44911	1932	45849	1939	49314
1926	45261	1933	45779	1940	54547
1927	45675	1934	46265		

Ora, quanta è la popolazione servita dalla rete di Follonica e quella delle reti unificate di Fontebranda e val di Montone? Una diretta ricerca in questo senso non appare semplice ma ci si arriva agevolmente in modo indiretto, sia pure approssimativo, qualora si proporzioni la popolazione complessiva allo sviluppo delle singole reti. Queste, nel complesso, sviluppano ml. 19.000 e corrispondono a 37.000 abitanti. In conseguenza la rete di Follonica che sviluppa ml. 7315 raccoglierà lo spurgo di 14.245 persone; quella di Fontebranda e di val di Montone che insieme sviluppano 11.735 ml. raccoglieranno lo spurgo dei residui 22.755 abitanti.

Passando a considerare la quantità di liquame da smaltire non è possibile partire dal consumo dell'acqua potabile debitamente integrato dalle acque meteoriche in quanto dotata, la città, di fognatura separata. La valutazione, quindi, in mancanza di più precisi dati, non potrebbe essere che soggettiva. Tuttavia in una Relazione redatta dall'Ufficio di Igiene e Sanità del Comune di Siena si trova indicata, dall'Ufficiale sanitario, una quantità di liquame pari a 100 litri a testa giorno. Tale quantità pare a noi, invero, eccessiva. Ad ogni modo, non avendo più precisi dati, non si ritiene opportuno di fissarla entro limiti più bassi. D'altra parte una certa larghezza in questo senso porta solo ad una maggiore estensione degli impianti cosa questa che, eventualmente, garantisce gli impianti stessi da un'eventuale sebbene improbabile aumento di popolazione.

Pertanto il collettore di Follonica porterebbe giornalmente litri 1.424.500 pari a mc. 1.424, mentre l'altro litri 2.275.000 ossia a mc. 2.275; in altri termini la portata del primo sarebbe di l sec. 16,4 e quella del secondo di l sec. 26,3. Dato il sistema di fognatura separata sono da escludersi forti variazioni sia stagionali che giornaliere. D'altra parte la quantità di fecali e spurghi, pro-capite, di 100 litri/giorno da noi ritenuta come media eccessiva può ritenersi come corrispondente alla quantità massima. Non si prevede, insomma, una portata superiore.

E passiamo ora alla valutazione della composizione chimica dei liquami. Lo studio di tale composizione riveste nella progettazione degli impianti del tipo in esame notevole importanza in quanto dà l'esatta misura della quantità di materiale concimante od altrimenti recuperabile e del loro valore tradotto in moneta. Malauguratamente non abbiamo a disposizione dati analitici relativi ai liquami nei vari periodi dell'anno e riferentisi ad un regime normale di alimentazione; nulla di preciso possiamo quindi dire circa la fisionomia del liquame stesso ([1]). D'altra parte poco ci direbbero analisi effettuate oggi in un periodo

(1) - Per la verità nel Trattato di Igiene moderna sono riportate alcune analisi dei liquami di Siena. Ma, a parte l'esiguo numero di determinazioni effettuate in un solo periodo e quindi tali da non darci idea del modo in cui la costituzione dei cloacali stessi varia nel tempo, tali dati non riportano, per quanto ci interessa, che il carico in sostanza organica e azoto. Manca la determinazione del fosforo e del potassio e la determinazione delle sostanze disciolte in rapporto alle sostanze sospese.

cioè di regime alimentare così diverso, quantitativamente e qualitativamente, dal normale. L'unica considerazione che, con molta attendibilità, può essere avanzata è che non molta differenza di composizione deve registrarsi tra i fecali confluenti nei due distinti collettori in quanto è da escludersi che le abitudini alimentari e igieniche di un settore della Città siano diverse da quelli degli altri

TABELLA I - *Analisi del liquame di fogna eseguite da vari Autori*
(valori in Kg/abitante/anno)

	Wolff	Perotti	Sierp	Keppner	Ippolito	Antoniani	Imhoff	Friedmann
Sostanza secca		44,6	42,1				47,4	
— minerale		23,6	13,2				21,9	
— organica totale		21 —	28,9		25,5		25,5	
— — disciolta					9,1			
— — sospesa					16,4			
— — sedimentabile					10,9			
— — non sediment.					5,5			
Azoto totale	4,75	2,8	5,6		6 —	5 —	2,9	2 —
— sedimentabile				11,4 %				
$P_2 0_5$ totale	1,35	0,72	1,24			1 —	0,66	0,5
— sedimentabile				25 %				
$K_2 0$ totale	1 —		1,26			1,5	0,58	1,5
— sedimentabile				14,3 %				
Grasso		7,3						

settori; nè vi sono particolari opifici o industrie che, con i loro scarichi, ammesso che si riversino nella fognatura nera, possano far variare in qualche modo la composizione chimica di un liquame rispetto a quella di un altro.

Ciò premesso, ove si voglia procedere alla valutazione del liquame non rimane che fare confronti con dati raccolti da altri Autori in varie Città (v. Tab. I) e da essi desumere, come dati medi, i seguenti:

sostanza secca	Kg. abitante anno	45—
» minerale	»	20—
» organica	»	25—
azoto	»	5—
$P_2 0_5$	»	1,2
$K_2 0$	»	1,2

Tenendo conto di questi dati il quantitativo globale ricavabile dalla Città di Siena sarebbe il seguente:

TABELLA II - *Materiali da ritenersi trasportati dai liquami delle fogne di Siena* (valori in tonnellate/anno)

	rete di Follonica	reti riunite di Fontebranda e Val di Montone	Totale
sostanza secca	641	1024	1665
— minerale	285	455	740
— organica	356	569	925
azoto	71	114	185
P_2O_5	17	27,3	44,3
K_2O	17	27,3	44,3

Non tutti questi materiali, peraltro, sono destinati al terreno insieme ai liquami essendo prevista la sedimentazione con la quale la parte sedimentabile verrebbe utilizzata per la preparazione del concime organico solido. La parte sedimentabile delle acque luride come gli stessi costituenti della parte sedimentabile variano da caso a caso e non possono che determinarsi sperimentalmente. Tuttavia, calcolata in base a coefficienti di sedimentazione presunti, la materia sedimentabile risulterebbe di tonnellate anno 1047 di cui tonnellate anno 400 di materie organiche:

TABELLA III - *Materiali (in tonnellate/anno) contenuti nel concime solido ricavabili dai liquami per sedimentazione.*

	rete di Follonica	reti riunite di Fontebranda e Val di Montone	Totale
sostanza secca	403	644	1047
— minerale	250	398	648
— organica	153	247	400
azoto	8	12,9	20,9
P_2O_5	4	6,6	10,6
K_2O	2,5	4—	6,5
grasso (calcolando che solo $^1/_3$ sia recuperabile)	34,7	55,3	90—

In conseguenza nelle acque irrigue rimarrebbero i materiali seguenti:

TABELLA IV - *Composizione delle acque irrigue dopo la sedimentazione* (media annua)

	rete di Follonica	reti riunite di Frontebranda e Val di Montone	Totale
sostanza secca	238	380	618
— minerale	35	57	92
— organica	203	322	525
azoto	63	101,1	164,1
P_2O_5	13	20,7	33,7
K_2O	14,5	23,3	37,8

Valutando in moneta — con riferimento ai prezzi medi dell'anno 1939 (1) — i materiali contenuti nel concime solido e quelli contenuti nel liquame sedimentato si ottengono i valori seguenti:

TABELLA V — *Valore commerciale dei materiali trasportati dalle acque di fogna di Siena.*

	complessivo		concime solido		liquame sedimentato	
	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno	Tonn. anno	L. anno
azoto	185	1.163.200	20,9	132.088	164,1	1.031.112
P_2O_5	44,3	88.600	10,6	21.200	33,7	67.400
K_2O	44,3	106.320	6,5	15.600	37,8	90.720
s. organica	925	46.250	400 —	20.000	525 —	26.250
grassi	90	45.000	—	—	—	—
totale		1.449.370		188.888		1.215.482

Trattasi cioè di un valore complessivo ante-guerra di quasi un milione e mezzo di lire. Quando si pensi che il solo grasso, valutato a L. 0,50 il Kg. si aggira oggi sulle 300 lire il Ql. e che, ancora più maggiorato, è il prezzo delle altre sostanze, adottando un prudenziale e certo basso coefficiente di aumento pari a 10 si arriva a circa 15 milioni di lire!

Ma a questa somma si deve aggiungere quella relativa al maggior reddito che si ricava dai terreni valorizzati dalla irrigazione.

(1) - azoto L. 6,32 il Kg, K_2O = L. 2,40 il Kg. grasso = L. 0,50 il Kg.
P_2O_5 = » 2 — » s. org. = L. 0,05 »

Trattamenti preventivi al liquame

Stabilito di realizzare due punti di confluenza delle acque in relazione ai due collettori, quello di Follonica e quello unificato di Fontebranda e val di Montone, gli impianti relativi saranno due, singolarmente di seguito considerati.

A — *Impianto di Fontebenedetta.*

L'impianto per il trattamento preliminare, fondamentalmente comprende: una griglia, una vasca semplice per la separazione dei grassi, vasche multiple di sedimentazione ed eventuali letti di essiccamento dei fanghi. La diluizione dei liquami, per la quale sono da utilizzarsi le acque del Tressa, seguirà i ricordati trattamenti.

Ebbene, il tubo affluente verrà a scaricare i liquami in un canaletto in muratura allo sbocco del quale trovasi la griglia per la digrossatura del materiale. La griglia può essere, dato il non considerevole volume delle acque, anche del tipo a mano, sottile, con luce di 2 cm. circa, in modo da eliminare tutti i materiali grossolani. Attraversata la griglia i liquami si scaricano nella vasca di separazione dei grassi, a pianta rettangolare, in cui una serie di pareti obbligano il liquame a percorrere la vasca in diversi sensi. Ne risulta, in definitiva, un canale a sezione quadrata del lato di un metro. Al fondo di questa vasca una serie di tubi forati raccordati ad un compressore d'aria insufflano aria nei liquami per facilitarne la separazione delle materie grasse.

La profondità massima del separatore è stata fissata in cm. 75 per ottenere una separazione rapida del grasso; la permanenza del liquame nel separatore, che deve essere almeno di 5 minuti primi, è stata calcolata in 6′ e 30″ con la portata massima dell'affluente uguale a l sec. 27. Con ciò la capacità del separatore è stata calcolata in mc. 10,5

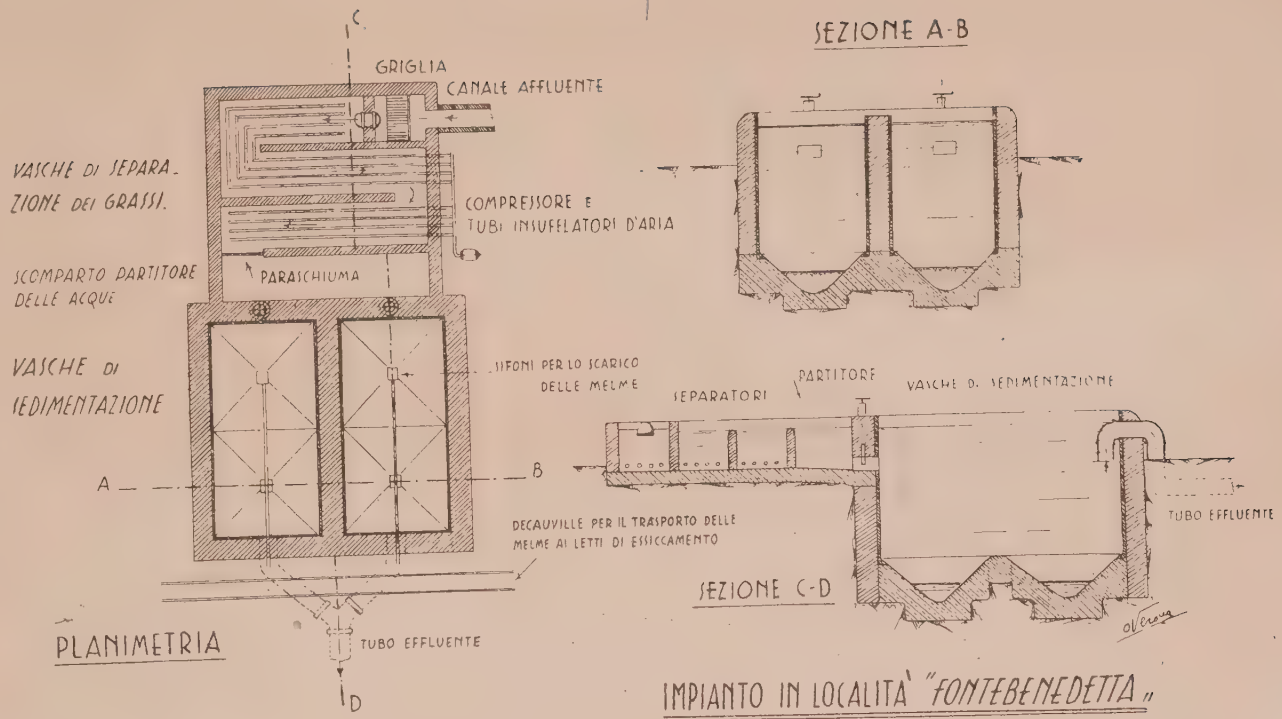
Infatti: l. 10.500 : l/sec. 27 = 388″

Per una portata minima (ma non si prevedono forti oscillazioni) di, supponiamo, l sec. 15 la permanenza del liquame nel separatore si aggira intorno agli 11′ e 66″:

l 10.500 : l sec. 15 = 700″

Il canale separatore sviluppa quindi complessivamente m. 14; per ragioni costruttive esso è stato diviso in tre tratti ai quali se ne aggiunge un quarto destinato unicamente a servire da partitore del liquame per il passaggio alle vasche di sedimentazione.

La velocità del liquame nel separatore varia da un minimo di m sec. 0.15 per la supposta portata minima ed un massimo di m sec. 0.27 per la portata massima: l'intervallo è tale da non prevedersi inconvenienti per sedimentazione



IMPIANTO IN LOCALITÀ "FONTEBENEDETTA"

di materiali anche in caso di mancato funzionamento del compressore d'aria. Comunque gli scarichi di fondo del separatore permettono di intervenire con ripuliture periodiche a mezzo di getti d'acqua. I grassi galleggianti vengono trattenuti fra il secondo ed il terzo compartimento del separatore da un paraschiuma che si affonda nel liquido per circa 40 cm.; a questo, all'imbocco della parte rettilinea del quarto compartimento, segue una paratia mobile per permettere l'apertura e la vuotatura completa del canale, che si innalza dal fondo per circa 35 cm. in modo da non permettere l'abbassamento del livello del liquido oltre il bordo inferiore del paraschiuma che precede ed il passaggio del grasso alle vasche di sedimentazione, in caso di mancata alimentazione del separatore.

Dal separatore i liquami passano, attraverso le bocche di scarico dell'ultimo compartimento, nelle vasche di sedimentazione. Le bocche di scarico sono costruite al fondo della vasca precedente in modo da permetterne lo svuotamento completo e sono munite di paratoie regolabili per variarne a volontà la portata o chiuderle completamente allorchè si voglia mettere fuori uso, momentaneamente, l'una o l'altra vasca di sedimentazione.

Queste sono in numero di due, indipendenti l'una dall'altra, costruite per il funzionamento in parallelo. Dette vasche sono del tipo semplice, a doppia tramoggia, a pianta rettangolare.

Il calcolo del volume utile di queste vasche si è eseguito seguendo i seguenti criteri:

1 — che la *velocità del liquido* nella vasca (V) è determinata della relazione

$$V = \frac{Q}{a\,b} \qquad (1)$$

in cui Q è la portata, *a* l'altezza e *b* la larghezza della vasca:

2 — che la *velocità minima di sedimentazione* (v) (velocità con la quale cade la più piccola particella che si vuol far sedimentare) è determinata dalla

$$V = \frac{Va}{L} \qquad (2)$$

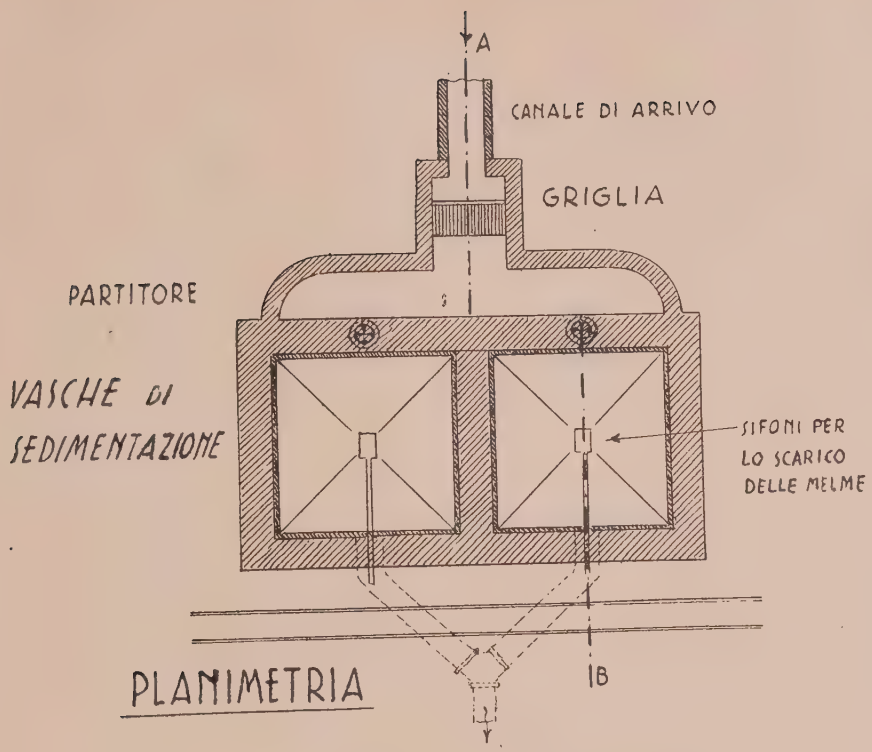
in cui *L* è la lunghezza della vasca;

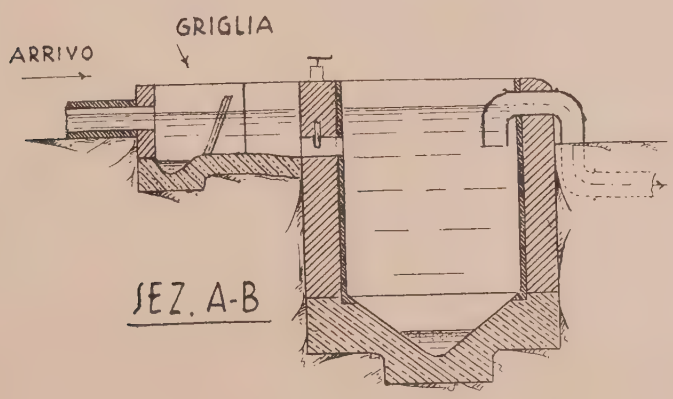
Da queste relazioni, quindi, stabilito che con la portata massima della fogna dovessero sedimentare particelle la cui velocità di caduta corrispondesse ad mm sec. 1 circa, si sono calcolate le dimensioni delle vasche sapendo che:

$$\frac{Q}{b} = a\,V \qquad (3)$$

e siccome

$$a\,V = v\,L \qquad (4)$$





IMPIANTO IN LOCALITÀ "FINIMONDO"

sostituendo si ha $$\frac{Q}{b} = v\ L \qquad (5)$$

da cui $$\frac{Q}{b} = b\ L \qquad (6)$$

Dalla (6), quindi, sapendo che per l'impianto in parola $Q = \frac{0.027}{2}$ mc/sec. (metà della portata massima essendo due le vasche), v = 0.001 m sec. il valore di b L risulta pari a 13.5.

Fissando in 1 : 2 il rapporto fra la larghezza (b) e la lunghezza (L) della vasca, essendosi stabilito di fornire il fondo a doppia tramoggia a pianta quadrata, ne deriva una larghezza di m. 2,60 e una lunghezza di m. 5,20.

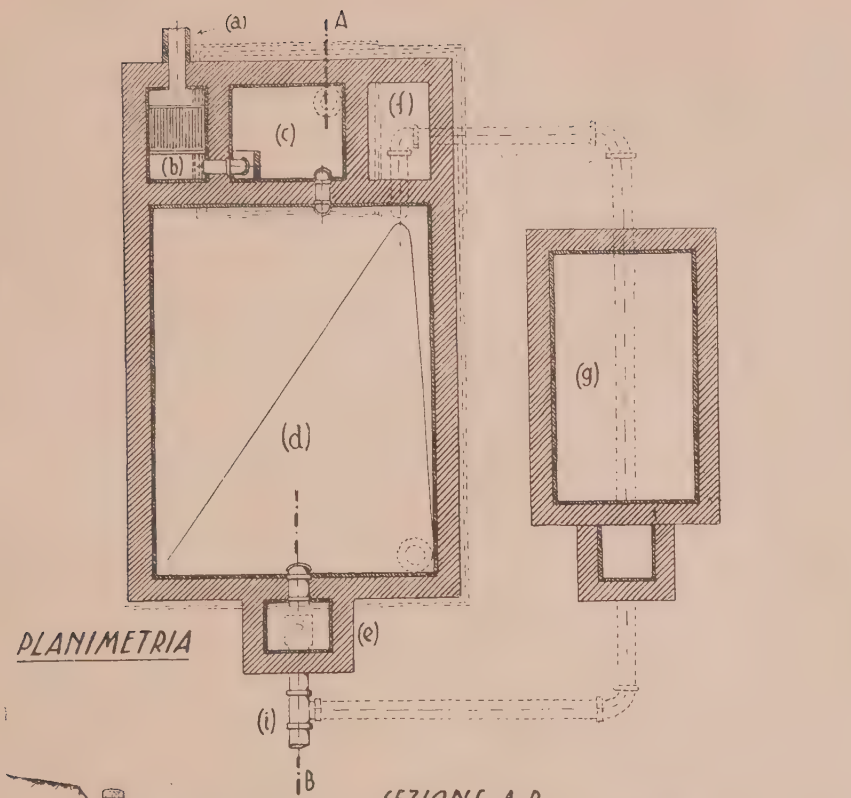
Per stabilire l'altezza delle vasche occorre tener presente che la durata del processo deve essere di circa un'ora per assicurare una buona sedimentazione. Ne consegue che l'altezza deve essere tale da consentire l'invaso della portata massima durante un'ora, essendo la sezione orizzontale di mq. (5,20 × 2,60) 13,5. Il volume di liquido che giunge ad una vasca (supposte tutte e due in funzione) è, in un'ora, con la portata massima, di mc. 48,6; essendo l'area della sezione orizzontale di mq. 13,5 ne deriva un'altezza, supposta la vasca a fondo piano di m. 3,60: e, tale, è l'altezza media assegnata. Naturalmente, come alla vasca separatrice di grasso, è stato assegnato un franco di m. 0,40.

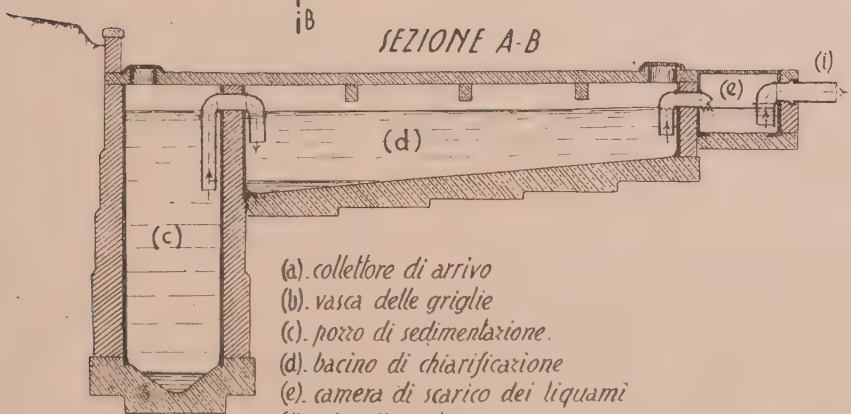
La velocità del liquido nella vasca, determinata con la (1) risulta di m/sec. 0,0069.

Le vasche di sedimentazione, infine, sono munite di sifoni per il prelievo periodico delle melme.

Quando è stato detto, è naturalmente, puramente indicativo. Gli artifici costruttivi degli impianti di depurazione possono essere vari e, a quanto è stato prospettato, può benissimo essere sostuito un'impianto tipo quello presentato da MAZZETTI e MASCAGNI per i centri abitanti della Val d'Orcia e Val di Chiana. Fatte salve le dimensioni delle singoli parti da calcolarsi in relazione alla portata dei liquami, un'impianto del genere prevede oltre il dispositivo di grigliaggio, un pozzo di sedimentazione e un bacino chiarificante; anche in questo caso, in separato corpo, sta la platea per l'essiccamento dei fanghi. Vengono solo eliminati i letti percolatori avviandosi direttamente, le acque chiarificate, alle vasche di diluizione.

Un'impianto di tal genere schematicamente raffigurato nella annessa tavola ci sembrerebbe particolarmente adatto per le acque che si raccolgono in località Finimondo.





(a). collettore di arrivo
(b). vasca delle griglie
(c). pozzo di sedimentazione.
(d). bacino di chiarificazione
(e). camera di scarico dei liquami
(f). id. delle melme
(g). platea per l'essiccamento dei fanghi
(i). collettore effluente

Verona dis.

B — *Impianto di Finimondo.*

Questo è destinato a raccogliere un minore volume di acque. Per cui qui si può anche trascurare il recupero del grasso e limitarci alla sola grigliatura e sedimentazione.

Il canale affluente, quindi, si versa in un cunicolo largo 1 m. e munito di griglia analoga al precedente impianto. Di qui passa alle vasche di sedimentazione progettate, anche in questo caso, in numero di due, del pari indipendenti l'una dall'altra, con fondo a semplice tramoggia e a pianta quadrata.

Ripetendo i calcoli già elaboratori per l'impianto di Fontebenedetta risulta che alle vasche, considerata una portata massima di l sec. 16,4, deve essere assegnato m. 2,90 di lato e m. 3,50 di profondità media.

Scelta delle zone da irrigare — Diluizione dei liquami — Estensione delle zone irrigue

A — *Per le acque provenienti dall'impianto di Fontebenedetta.*

In località Fontebenedetta l'impianto omonimo fornisce dunque le acque, sufficientemente sedimentate, dei due collettori unificati di val di Montone e di Fontebranda. Queste acque, opportunamente diluite, possono direttamente immettersi nelle zone di spandimento. La scelta delle quali è subordinata alle spese di trasporto e alla natura e accidentalità del terreno.

Premesso che la superficie utile di irrigazione si estenderà per Ea 455 (nella ammissione che l'impianto raccolga lo spurgo di 22.755 abitanti e che venga adottato come coefficiente irrigatorio i = 200) le soluzioni che si prospettano sono diverse.

Prima soluzione. - Questa si riallaccia al progetto BELLINCIONI. Prevista per la necessaria diluizione la utilizzazione delle acque del Sorra, le acque chiarificate verrebbero portate, mediante condotta forzata di m. 1400 circa a quota 262 in località Piazza. Di quì, con un canale in muratura lungo circa m. 420 e a sezione di mq. 1 raggiungerebbero l'alveo del T. Sorra a quota 239 circa. In relazione alle finalità del progetto di costruzione del lago Sorra le acque andrebbero a bagnare le valli del Sorra, dell'Arbia e dell'Ombrone.

Evidentemente la utilizzazione agricola delle acque provenienti dall'impianto di Fontebenedetta è legata, in questa prima soluzione, alla costruzione del lago Sorra. Tale soluzione è prospettata quindi come possibile ma non, al momento, realizzabile.

Seconda soluzione - Altra soluzione è quella di portare le acque luride, diluite con quelle del Tressa, fino alla località Casale, cioè a q. 272 e ciò con condotta forzata; quindi di condurle, costeggiando con canale in sterro o in muratura la strada che scende verso la località detta « Il Sorbo », anzi un poco più oltre e cioè verso il bivio stradale, a q. 260 circa. Una serie di canalizzazioni successive distribuirebbe le acque nella zona di Ginestreto con prevalente sviluppo verso est e sud-est fino, all'incirca, Fogliano Grosso in modo da coprire un'area di Ea 400 circa.

Terza soluzione - La terza soluzione che potrebbe prospettarsi sarebbe quella di condurre le acque con condotta forzata fino a Piazza (conforme il progetto BELLINCIONI); quindi, con un canale in sterro o in muratura, fin oltre Montecchio; quindi infine diluirle con le acque del fosso Serpenna e portarle nel piano sottostante Toiano fino ai pressi di Ampugnano. Evidentemente, tale soluzione, implica oltre alla condotta forzata, una lunga canalizzazione e una perdita considerevole di acqua: viene quindi prospettata solo come possibilità teorica.

Soluzione preferenziale. - Senza dubbio la soluzione migliore appare la seconda anche se essa implica la costruzione di una condotta forzata e di un canale in muratura.

Il progetto avanzato è di così larga massima per cui si può prescindere da considerazioni e rilievi di dettaglio. Tuttavia si può soggiungere che la soluzione indicata come preferenziale implica in primo luogo una vasca di diluizione da costruirsi un poco più a sud dell'impianto di sedimentazione e precisamente in corrispondenza dell'alveo del T. Tressa a q. circa 200, dal quale torrente. come si è accennato, vengono prelevate le acque per la diluizione dei liquami. Occorre ora stabilire la misura massima di tale diluizione anche agli effetti dei successivi calcoli relativi la condotta forzata e il susseguente canale di trasporto.

Ammesso che si pratichino colture foraggere e che queste esigano, almeno nel periodo estivo, 0,6-1 l sec. Ea la quantià complessiva di liquido dovrà essere di l sec. 273-455; ora, essendo l sec. 27 forniti dai liquami sedimentati, la quantità massima di acqua da prelevarsi dal Tressa dovrà essere di l sec. 428: il Tressa è, verosimilmente, capace di fornire tant'acqua essendo la sua portata massima mc sec. 9. In conseguenza la vasca di diluizione, corredata da apposito impianto di presa, dovrà essere grande in relazione.

Segue, a partire da q. 200, la condotta forzata. Essa, in tubi di cemento amianto, sviluppa circa m. 1000 per raggiungere in località Casale la q. 272. Il calcolo della condotta forzata, applicando la formula di DARCY per tubi usati, dà per una perdita di carico di y = 72 tubi di mm. 36 di diametro. In relazione

a tale diametro si sviluppa una velocità sufficiente a garantire ogni pericolo di sedimento. Dalla località Casale (q. 272) alla località Il Sorbo (q. 258) le acque vengono portate mediante canale per la lunghezza in pianta di m. 850 circa. Il canale può farsi in sterro oppure ricoperto di cemento. Quest'ultima soluzione è preferibile allo scopo di evitare perdite per infiltrazione.

B — *Per le acque provenienti dall'impianto di Finimondo.*

L'impianto di Finimondo raccoglie e chiarisce le acque del collettore di Follonica. Come quelle dell'impianto di Fontebenedetta opportunamente diluite (a ciò servono le acque del T. Riluogo) esse possono senz'altro immettersi nella zona di spandimento. In questo caso (sempre nell'ammissione di mantenere $i = 200$ e che esse raccolgano lo spurgo di 11.735 abitanti) tale zona svilupperebbe Ea 235 circa. Ma quì, ove si vogliano praticare colture ortive, è forse il caso di abbassare il valore di i a 100-150 ottenendosi pertanto Ea 117-173 di superficie irrigabile.

In quanto alla scelta del terreno esso è tutto più o meno accidentato; per cui non rimane che utilizzare, a partire dalla stessa località ove sorge l'impianto, la striscia di terra valliva che accompagna il Riluogo, oppure procedere alla irrigazione in collina mediante impianti sussidiari di prelevamento e di sollevamento.

Anche qui correda l'impianto di sedimentazione una vasca di diluizione utilizzandosi per essa e, nella misura voluta, le ricordate acque del Riluogo, acque che segnano una portata massima di mc/sec. 9,26.

Qualche rilievo sulla costituzione fisico-chimica dei terreni e scelta del sistema di irrigazione

La conoscenza delle proprietà fisiche e fisico-chimiche del terreno costituisce un elemento di notevole importanza nella determinazione del sistema di irrigazione come, del resto, dello stesso coefficiente irrigatorio. Separatamente, quindi, sono stati prelevati nelle due zone da irrigare campioni di terreno e proceduto a sommarie ricerche; i risultati conseguiti figurano nella annessa tabella.

Per quanto si riferisce ai terreni destinati a raccogliere le acque provenienti dall'impianto di Fontebenedetta essi (camp. 1-4) si presentano scarsamente provvisti di scheletro, poco umidi, tendenzialmente argillosi, sufficientemente calcarei, non privi di sostanza organica; più o meno alcalini. I terreni della zona di Finimondo si differenziano da questi per un molto minor contenuto in sostanza organica e un molto minor contenuto in materie argilliformi; questi infatti sono terreni tufacei e non argillosi.

TABELLA VI - *Analisi fisico-meccanica di campioni di terreno della zona che raccoglie le acque dell'impianto di Fontebenedetta e dell'impianto di Finimondo.*
(valori % di terra essiccata a 110° C.)

n.° del campione	Località	scheletro	terra fine	umidità	calcare	materia organica	Levigazione		pH
							materiali sabbiformi	materiali argilliformi	
1	Sorbo	9 —	91 —	2,24	11,5	6,66	59,66	40,34	7,3
2	Colletinaio	9,15	90,85	2,70	7 —	6,13	44,80	55,20	8,3
3	Casa Stella	2,70	97,30	1,67	10 —	7,06	35,94	64,06	7,4
4	Ginestreto	3,62	96,38	1,94	8 —	6,46	57,21	42,79	7,4
5	I due ponti	7,87	92,13	1,76	2,5	5,67	75,41	24,59	7,4
6	Finimondo	13,57	86,43	0,70	7,2	3,43	84,19	15,81	7,2

Le determinazioni relative furono eseguite secondo i metodi generalmente in uso nei Laboratori di Chimica Agraria e cioè:

acqua igrorcopica: per perdita di peso a 110° C.

calcare: con il calcimetro DE ASTIS

materia organica: per combustione in muffola e ripristino dei carbonati

materiale sabbiforme: determinato per essiccamento in stufa a 110° C. del residuo della levigazione con apparecchio Appiani con carico di cm. 30 e tempo di levigazione di 30 minuti primi (velocità di caduta = 0,2 mm sec.)

materiale argilliforme: determinato per differenza dal precedente

scheletro: per pesata del residuo, lavato ed essiccato a 110° C. della stacciatura del campione attraverso staccio a maglie di un millimetro

terra fine: per differenza dal precedente

Gli ultimi quattro dati furono corretti per riferirli al % di terra essiccata a 110° C., invece di esprimerli in % di terra essiccata all'aria.

La determinazione del pH fu eseguita con il metodo potenziometrico adoperando l'elettrodo a chinidrone.

Per quanto si riferisce al sistema di irrigazione da adottare è evidente che non si può seguire uno schema rigido bensì studiare quale, caso per caso, meglio si presta, avuto riferimento alla giacitura del terreno, alla sua natura fisica e al tipo di colture adottate. Ciò che si può scartare a priori è il sistema a pioggia dato il delicato funzionamento dei polverrizzatori e la relativa densità, anche se opportunamente diluite, delle acque luride. Così pure il sistema di irrigazione sotterranea non sappiamo fino a qual punto, in mancanza di dati sperimentali, possa essere applicato nonostante venga particolarmente consigliato dal punto di vista igienico. Occorrerebbero se mai canali fortemente

porosi; comunque, nel caso dei terreni senesi, molto tendenti all'argilloso, non sappiamo quale esito possa sortire.

I due sistemi, quindi, da praticarsi e da scegliersi, come si è detto, caso per caso, sono quelli per scorrimento oppure per infiltrazione laterale.

Il sistema per scorrimento si pensa possa andar bene nei terreni a prato artificiale. Nei terreni a colture in rotazione migliore è invece il sistema per infiltrazione laterale.

Considerazioni agronomiche ed economiche

Delimitate dunque le zone da irrigare e indicato il sistema di irrigazione ritenuto più idoneo, a necessario corredo di quanto siamo venuti esponendo ravvisiamo opportuno far seguire solo poche considerazioni di carattere agronomico richiedendo uno studio in tal senso una analisi profonda e dettagliata tale da esorbita e l'assunto propostoci. Per limitarci a quello che potrà essere l'ordinamento colturale diciamo subito come esso assuma, specie in questi casi, singolare importanza in vista di un razionale sfruttamento delle acque e in rapporto a quelle che possono essere le esigenze e le possibilità dei mercati.

Sono noti i caratteri dell'agricoltura senese e quelle che sono le rotazioni maggiormente in uso. Pur convenendo di non dover attribuire alle rotazioni, in linea generale, un carattere di fissità, ma di doverle sempre e comunque adattare alle singole esigenze aziendali, noi si pensa che non si dovrà completamente prescindere dagli ordinamenti colturali in essere; trattandosi tuttavia di mettere in valore terreni non discosti dalla Città, dovremmo pur tenere presente quelle che sono le necessità dell'Annona cittadina e che si compendiamo in: produzione orticola e produzione foraggera in vista, questa, di incrementare il carico in bestiame e quindi la produzione del latte.

Pertanto, fatto riferimento alla zona destinata a raccogliere le acque provenienti dall'impianto di Fontebenedetta, proceduto ad una accurata sistemazione dei terreni in quanto essi si presentano tendenzialmente argillosi, dovrà farsi largo posto alle colture prative e dare la preferenza nelle colture intercalari al granturchetto o ad altre piante da foraggio.

Nella zona bagnata dalle acque dell'impianto di Finimondo il problema della sistemazione dei terreni si presenta intanto più facile attesa la natura tufacea dei terreni stessi; e a parte la possibilità di fare orti separati qui potrebbe anche essere adottata la rotazione quadriennale tipica con appezzamento a medica fuori rotazione. Il rinnuovo potrà essere costituito da barbabietola, da foraggio o da zucchero o, meglio ancora, da pomodoro; al quarto anno, dopo il frumento, potrà prendersi in considerazione quale coltura intercalare, la coltura del cavolo.

Riprendendo in esame la quantità di liquami e di materiali fertilizzanti in rapporto all'ordinamento colturale proposto non è difficile calcolare quali e quanti materiali si apportano alle singole colture. Dalla tabella riportata a pag. 169 si rileva il valore in tonn. anno dei materiali trasportati dalle acque relativamente ai due impianti:

		Rete di Follonica	Reti riunite di Fontebranda e Val di Montone
sost. organica	tonn. anno	203—	322 —
azoto	»	63—	101,1
P_2O_5	»	13—	20,7
K_2O	»	14,5	23,3

Ritenendo che tali materiali vengano distribuiti uniformemente durante i vari giorni dell'anno si ha una portata giornaliera:

		Rete di Follonica	Reti riunite di Fontebranda e Val di Montone
sostanza organica	Kg.	556	882
azoto	»	172	274
P_2O_5	»	35	54
K_2O	»	39	63

Dall'altra parte la distribuzione dell'acqua per le colture avvicendate potrà avvenire come segue:

1) Nella zona che raccoglie le acque dell'impianto di Fontebenedetta:

Rinnuovo — da marzo a metà di agosto — gg. 165
Frumento con sulla
Sulla } da metà di agosto per due anni — gg. 730
Sulla
Frumento —
Nel prato, da marzo a ottobre — gg. 210

2) Nella zona che raccoglie le acque dell'impianto di Finimondo:

Rinnuovo — da marzo a metà agosto gg. 165
Frumento e trifoglio } da metà agosto alla metà agosto successiva — gg. 365
Trifoglio
Cavolo — da metà agosto a febbraio — gg. 200

Ebbene; ciò significa che nelle due zone, le singole colture, per l'intera loro estensione occupata vengono a disporre delle seguenti quantità di materiali:

— Zona di Fontebenedetta:

	sost. org. Q.	azoto Q.	P_2O_5 Q.	K_2O Q.
Rinnuovo	1455,3	452,1	89,1	103,9
Sulla (o medica)	6438,6	2000,2	394,2	459,9
Prato	1764—	548—	108—	126—

— Zona di Finimondo:

	sost. org. Q.	azoto Q.	P_2O_5 Q.	K_2O Q.
Rinnuovo	917,4	284,8	57,6	64,3
Trifoglio	2029,4	627—	127,7	142,3
Cavolo	1112—	344—	70—	78—

Qualora si proceda al calcolo della estenzione delle singole colture è facile determinare il quantitativo di materiali che ad essi vengono portati per unità di superficie.

Le attuali condizioni del mercato non consentono di procedere a considerazioni economiche di dettaglio; d'altra parte la valutazione degli aumenti di produzione conseguibile attraverso la fertirrigazione non potrebbe essere che presuntiva. Tuttavia, in analogia di risultati di rilievi sperimentali altrove eseguiti e a considerazioni avanzate da più autori (ALDOVRANDI, BANDINI, GRINOVERO, PANTANELLI, PASSERINI. ecc.) si può ben affermare di ottenere nelle zone irrigate almeno un raddoppiamento della produzione.

In definitiva il progetto che si avanza porta adunque:

1) ad un miglioramento igienico delle condizioni di spurgo dei materiali escrementizi cittadini;

2) al recupero di quantità notevoli di sostanze fertilizzanti;

3) in conseguenza all'aumento della produzione del suolo con singolare beneficio dell'Annona cittadina.

DALL'ISTITUTO DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
DELL'UNIVERSITÀ DI FIRENZE E, DETTO, DELL'UNIVERSITÀ DI PISA

BIBLIOGRAFIA

BELLINCIONI G. - *Studio sommario per la utilizzazione delle acque di fogna di Siena diluite con le acque immagazzinate nel lago artificiale sul Torrente Sorra* - Relaz. dattiloscritta favorita dall' A. — BELLINCIONI G. - *Il lago del Sorra per l'irrigazione delle valli Sorra, Arbia e Ombrone* - Idem. — BROTZU G. - *Ricerche sulla depurazione delle acque della fognatura della Città di Siena* - In Trattato di Igiene Moderna 1925. BUONOMINI - *Indicazioni di massima per un impianto di depurazione biologica delle acque di fogna* - Siena 1936 - Relaz. datt. fornita in copia dall' Uff. d' Igiene del Comune di Siena - CARL A. — *Comunicazione integrativa alla relazione di* A. M. RAWN *sullo sfruttamento delle acque di rifiuto urbane per l'Agricoltura* - XVIII Congr. int. agr. Dresden 1939, p. 46. — FRIEDMAN G. - *Fertirrigazione* - Hoepli, Milano 1939. — IMHOFF K. - *Évacuation et traitement des eaux d'égout* - Dunod, 1935. — IPPOLITO G. - *La Stazione Sperimentale di Foggia per l'epurazione ed utilizzazione delle acque di fogna, nel primo biennio di esercizio* - Napoli 1934. — IPPOLITO G. - *La Stazione Sperimentale di Foggia par l'epurazione ed utilizzazione delle acque di fogna, nel secondo biennio di esercizio* - Acqua e Gas, 1937. — LUCHETTI G. e VECCHIONE E. - *Progetto di utilizzazione agricola delle acque di fogna di Pisa* - Riv. Ital. d'Igiene, 1940. — MAZZETTI G. e MASCAGNI A. - *Un provvidenziale Consorzio per la fognatura e gli impianti di depurazione dei centri abitati della val d' Orcia e della val di Chiana* - Atti IX Congr. Naz. d' Igiene. Bari 1934. — NERI F. - *Una visita agli impianti di depurazione biologica dei rifiuti liquidi ed alla fognatura di alcune Città della Puglia con alcune considerazioni circa la costruenda fognatura di Siena* - Vallardi, 1912. — NERI F. - *La depurazione biologica dei rifiuti liquidi e le sue applicazioni* - Stab. ind. merid., Ed. 1933. — PASSERINI G. e PONTECORVO G. - *Limiti di convenienza economica nell'irrigazione del sottosuolo in Toscana* - Atti VI Congr. Naz. delle Acque, Bari 1933. — PEROTTI R. - *Per una generale politica di utilizzazione agricola delle acque di fogna* - Atti VI Congr. d. Scienze, 1912. — PEROTTI R. - *Progetto di depurazione ed utilizzazione industriale ed agricola delle acque di fogna della Citta di Roma* - Roma 1913. — PEROTTI R. - *La teoria microrganica della concimazione* - Bologna 1938. — POGGI F. - *Fognatura cittadina e rete di distribuzione dell'acqua potabile* - Relazione sull'andamento dei lavori a cura del Comune di Siena - Siena 1917. — PUNTONI V. - *Sur le développement des larves d'anophèles dans les eaux d'égout* - Boll. Sez. Ital. Soc. intern. Microb., VI, 161, 1934. — RAWN A. M. - *Lo sfruttamento delle acque di rifiuto urbane per l'Agricoltura nell'America del Nord* - XVIII Congr. Int. Agr. Dresden 1939, p. 39. — SCLAVO A. - *Sul problema della fognatura in Puglia con speciale riguardo alla depurazione biologica delle acque di fogna* - Tip. S. Bernardino, Siena 1912.